ANATOMIA E FUNZIONE DELL'ORGANO PARATIMPANICO

CONFERENZA DEL
PROF. GIOVANNI VITALI
Direttore dell'Istituto Anatomico della R. Università di Cagliari.

Comunicazione fatta al XX° Congresso della *Società Italiana di Otologia Rinologia e Laringologia* tenuto a Bologna nei giorni 8-9-10 Ottobre 1923

ROCCA S. CASCIANO
STABILIMENTO TIPOGRAFICO L. CAPPELLI
1924

Anatomia e funzione dell'organo paratimpanico

CONFERENZA DEL

Prof. GIOVANNI VITALI

Direttore dell'Istituto Anatomico della R. Università di Cagliari.

Illustri Signori.

Fu con vero piacere che accettai l'offerta fattami dalla Presidenza del Comitato organizzatore di questo Congresso, di esporre in esso i risultati delle mie ricerche sul nuovo organo di senso che fin dal 1911 io misi in evidenza nell'orecchio medio degli uccelli; poichè così mi si offriva l'occasione di illustrare ad un'eletta schiera di competenti, più col mezzo di preparati che con quello della parola, data la mia pochezza di espositore, ricerche pazienti a cui ho dedicato molti anni della mia fatica; e la difficoltà delle quali, anche dal lato tecnico, può solo ben valutare chi, come Loro, ha competenza sull'anatomia dell'orecchio. Mi sia permesso quindi di porgere prima di tutto all'Illustre Presidenza i miei migliori ringraziamenti.

Per quanto sia mia intenzione di trattare l'argomento più dal punto di vista della funzione, che da quello della pura morfologia; ed abbia in mente perciò di sorvolare o di omettere le varie questioni morfologiche che a quest'organo si riallacciano, non posso esimermi, perchè la mia esposizione possa esser più facilmente compresa, di riassumere brevemente quello che si sapeva, prima delle mie ricerche, intorno ad alcune formazioni embrionali, che compaiono a livello delle fessure branchiali, e riguardano i rapporti dei nervi corrispondenti con l'ectoderma di quelle.

Col nome di organi delle fessure branchiali nel 1885 *Froriep* descrisse in embrioni giovanissimi di vitello e di pecora, degli ispessimenti ectodermici del margine dorsale delle prime tre fessure branchiali con i quali si fondano gli abbozzi gangliari dei nervi corrispondenti.

Questo reperto fu messo in evidenza, quasi nella stessa epoca, anche da *Van Wijhe* e da *Beard* in embrioni di selaci, e da *Kastschenko* in quelli di pollo; ed in seguito anche da numerosi autori in embrioni di altra specie.

E si confermò da tutti la conclusione di *Froriep* che tali organi fanno cioè una fugace comparsa durante i primi momenti dello sviluppo (embrioni di vitello dai 7 ai 10 mm.), per subito completamente regredire.

Ma se su questo punto l'accordo fu generale, non tutti li ritennero, come *Froriep* ed altri avevano pensato, organi di senso ancestrali; che anzi da alcuni tali ispessimenti ectodermici furon fatti partecipare alla formazione del timo. Si può certamente affermare che gli obbiettivi postisi dai ricercatori, che prima di me si occuparono di questo argomento, furono sempre presso a poco i medesimi. Dato che gli organi delle fessure branchiali rappresentano organi di senso che compaiono durante un breve periodo dell'ontogenesi, si pose la questione, e su questo le opinioni furono sempre discordi, se quelli dei vertebrati superiorì siano omologabili in senso stretto al sistema della linea laterale dei pesci, o piuttosto ad abbozzi ectodermici che anche nei pesci andrebbero perduti durante lo sviluppo; ricordando perciò essi in tal caso organi di senso che nei vertebrati oggi esistenti sono andati perduti.

E si discusse anche a lungo, senza raggiungere però anche quì l'accordo, se tali ispessimenti ectodermici partecipino o no alla formazione del ganglio cerebrale, con l'abbozzo del quale si vedono uniti durante il breve tempo della loro esistenza.

Nessuno pensò di seguirli assicurandosi meglio del loro ulteriore destino; e tale fu forse la forza di suggestione esercitata dal nome dei primi osservatori, che anche *Kastschenko* (per quanto nel pollo avesse avuto l'opportunità di vedere l'ispessimento, che si forma in corrispondenza della prima fessura branchiale, persistere per un periodo di tempo maggiore di quelli delle altre fessure) non si peritò di affermare che anche questo fosse destinato a sparire.

Fu esaminando un embrione di passero con 36-38 somiti, che sorsero in me i primi dubbi sulla verità dell'asserzione che anche l'ispessimento della prima fessura branchiale degli uccelli fosse transitorio. Perchè mi colpì il fatto che in quel giovanissimo stadio a livello della fusione tra gli elementi cellulari dell'abbozzo del ganglio genicolato e quelli dell'ispessimento ectodermico, anche in preparati coloriti con metodi comuni, notavo un accenno di striatura. E tale constatazione mi spinse a ristudiare a fondo l'argomento

da questo punto di vista, e mi permise di mettere in rilievo un organo del quale nessuno aveva supposto l'esistenza.

Dalle mie serie complete di embrioni di passero di tutti gli stadï, colorite sia con metodi comuni, che con quello di *Cajal* per le fibre nervose; e da quelle abbastanza numerose di rondone, si può seguire passo passo lo sviluppo di quest'organo; sviluppo che io a Loro riassumerò brevemente.

In embrioni di 17-19 somiti il cordone cellulare, che rappresenta l'abbozzo dell'acustico-faciale, si divide ventralmente in due porzioni; una più grossa che si fonde con la vescicola otica; l'altra molto più piccola che raggiunge la parte dorsale del margine caudale del primo solco branchiale esterno fondendosi con un ispessimento dell'ectoderma, che raggiunge nelle sezioni il suo maggiore spessore in vicinanza del punto dove l'ectoderma, in causa della recente scomparsa della membrana di occlusione, si continua col rivestimento endodermico della prima tasca branchiale.

Questa fusione fra l'abbozzo del ganglio genicolato e l'ispessimento ectodermico presenta differenze di poca importanza in embrioni di 22-24 somiti ed in quelli di 27-28. Ma allorchè lo sviluppo embrionale è ancora un po' progredito (embrioni di 36-38 somiti), la parte mediana dell'ispessimento ectodermico, con la quale avviene principalmente la fusione dell'abbozzo del ganglio genicolato, non è più maggiormente sporgente come negli stadi precedenti; che anzi comincia a presentarsi leggermente depressa, perchè l'abbozzo ectodermico tende ad infossarsi nel tessuto mesenchimatico sottostante. In embrioni con una lunghezza della testa di mm. 2,5-3 l'organo della prima fessura branchiale si presenta sotto forma di fossetta ben pronunciata e tra le cellule ectodermiche che lo compongono (in preparati allestiti col metodo di *Cajal*) si vedono penetrare abbondanti fibre nervose provenienti dal ganglio genicolato. Progredendo ancora un po' lo sviluppo dell'embrione (diametro antero-posteriore della testa mm. 3,5-4) il primo solco branchiale esterno, che è andato gradatamente spianandosi in causa dell'aumento di volume degli archi dai quali è delimitato, si presenta solamente un poco più profondo in corrispondenza della sua parte dorsale, dove esiste la formazione ectodermica che ci interessa, e dove esso comunica ancora con la prima tasca esofagea trasformatasi intanto in una cavità tubulare (spazio tubo-timpanale) diretta dorso-lateralmente. A questo stadio la fossetta ectodermica si è trasformata in una vescicola, situata in corrispondenza dello stretto canale che mette in comunicazione l'estremo dorsale del primo solco branchiale esterno con lo spazio tubo-timpanale.

In embrioni con diametro antero-posteriore della testa di mm. 4-5 la vescicola epiteliale conserva ancora il suo rapporto con l'estremo posteriore dello spazio tubo timpanale, ed è molto vicina all'estremo dorsale della columella. La sua cavità comunica per mezzo di una piccolissima apertura con quella dello spazio tubo-timpanale, e la sua parete è ancora riunita all'ectoderma da una sottile striscia di cellule, che rappresenta l'ultimo vestigio del solco branchiale esterno, e che in embrioni di poco progrediti è completamente scomparsa.

Da questo momento in avanti posso riassumere brevemente le ultime fasi di sviluppo della vescicola epiteliale, dicendo che essa rimane sempre unita con la parte dorso mediale di quella porzione dello spazio tubo-timpanale che intanto va trasformandosi nell'orecchio medio, e con le cellule del ganglio genicolato per mezzo di un ramoscello nervoso di dimensioni relativamente cospicue.

Ho studiato la topografia e la struttura di quest'organo sensoriale in 17 specie di uccelli nostrani, esaminando complessivamente 62 individui adulti, ed impiegando i varî metodi di indagine tecnica che oggi possediamo.

Negli uccelli adulti l'organo paratimpanico è situato in corrispondenza della parete mediale del timpano, vicino all'articolazione tra il quadrato e l'occipitale laterale. Ha la forma di una vescicola ovoidale, che in alcune specie (gheppio e piccione) ha il diametro maggiore di 1 mm. e più, e che è accolta nella doccia o nel canale osseo (a seconda delle specie), in cui decorrono l'arteria oftalmica esterna, la vena auris, ed il ramo temporo-lacrimale del ganglio cervicale superiore. Il suo polo craniale è sempre in intima connessione con la mucosa dell'orecchio medio; ed anche nelle specie in cui l'organo è situato in un canale osseo, esiste sempre in corrispondenza di esso un'interruzione del canale. La parete della vescicola è formata da uno strato connettivale, in cui si notano numerosi vasellini sanguigni, ricco di fibre elastiche intrecciate in vario senso, molto più abbondanti dalla parte rivolta verso la cavità del timpano; e da uno strato epiteliale. In quest'ultimo si distingue una zona alla quale si distribuiscono le fibre di un ramo nervoso proveniente dal ganglio genicolato, e che è formata da cellule provviste di un peluzzo sensitivo, che non occupano per lo più tutta l'altezza dell'epitelio e si alternano regolarmente con elementi sprovvisti di pelo sensitivo, e nel cui citoplasma si riscontrano granuli di secrezione (cellule secernenti). Questa zona sensoriale è più o meno sviluppata a seconda delle varie specie; nel falco e nel piccione è estesa dal polo craniale a

quello caudale ed occupa nell'insieme un po' più della emicirconferenza della parete ; nel rondone si presenta sotto la forma di una elegante cresta, che assomiglia a quelle dei canali semicircolari.

Passando dalla zona sensoriale a quella in cui non si distribuiscono le fibre nervose, l'epitelio si presenta da prima cilindrico, poi cubico, ed in vicinanza del polo craniale è formato da cellule pavimentose in un unico strato. Tanto nelle cellule cilindriche che in quelle cubiche si notano granuli di secrezione ; e nella cavità della vescicola è contenuto un liquido che dà le reazioni della mucina. Nell'adulto scomparisce completamente qualunque traccia della primitiva comunicazione tra la cavità dell'organo e quella dell'orecchio medio ; ed a livello del polo craniale, là dove cioè l'organo rimane connesso alla mucosa dell'orecchio medio, la sua cavità è separata da questo da un sottile strato formato dall'epitelio pavimentoso semplice della mucosa dell'orecchio medio, da quello pure pavimentoso semplice che a questo livello presenta la vescicola, e da un tenue strato di connettivo ricco di fibre elastiche ad essi interposto. Le fibre nervose formano un plesso amielinico alla base delle cellule sensoriali, e suddividendosi o no raggiungono la parte inferiore di una cellula ; a volte le neurofibrille formano una specie di reticella, addossata alle cellule sensoriali, e le cui maglie sono riunite da delicatissime fibrille che attraversano il protoplasma cellulare ; a volte penetrano nell'interno della cellula formandovi un intreccio che arriva fino in vicinanza del nucleo.

Per quello che riguarda la funzione di quest'organo, le esperienze continuate per più di tre anni mi fecero concludere che esso ha relazione col volo ; conclusione del resto che sta perfettamente in accordo col dato anatomico che lo sviluppo della porzione sensoriale dell'organo è, nelle specie da me studiate, tanto maggiore quanto più la specie è rapida e forte volatrice.

Ma poichè al Congresso che Loro Signori tennero l'anno scorso ci fu chi, in base ad esperienze condotte con metodo indiretto, concluse che l'organo da me scoperto doveva avere una funzione nulla o quasi nulla ; e ieri, lo stesso ricercatore, sempre seguendo un metodo sperimentale indiretto, ci riferiva su esperienze di dubbio valore quanto alla possibile relazione di quest'organo col volo ; io desidero, prima di riferire i risultati delle mie esperienze, di esporre alcune semplici e direi quasi banali considerazioni.

Obietterò soltanto al mio egregio contradditore che quando Egli determina la suppurazione della mucosa timpanica, non può esser certo di aver leso l'organo ; e che allorquando, come ieri riferiva, riempie con paraffina la cavità del timpano, mette l'organo para-

timpanico a riposo, non lo distrugge ; quindi niente meraviglia se non ha fenomeni di deficenza ; e niente meraviglia se alcuni dei suoi piccioni viaggiatori (pur non potendo con l'orecchio medio tappato apprezzare le variazioni di densità dell'aria per proporzionare lo sforzo muscolare strettamente necessario, come ammette la mia ipotesi sul genere di stimoli che eccitano l'epitelio sensoriale dell'organo), raggiungevano in egual tempo dei controlli la colombaia. Poichè con tale otturazione erano soltanto messi in condizione di fare uno spreco inutile di energia muscolare ; ma essendo l'organo integro, il tono muscolare delle ali non aveva subìto menomazioni, ed i più forti quindi riuscivano, con maggior dispendio, a tener la marcia insieme ai controlli. Questo se mai, non altro, si potrebbe concludere, mi sembra, dalle esperienze che ieri ci riferiva.

E dal momento che, per lo meno in un primo tempo, Egli mise anche in dubbio che quest'organo potesse funzionare, io mi permetto di dire che non è necessario l'esperimento per affermare che un organo funziona ; l'esperimento ci servirà per mettere in evidenza che specie di funzione è quella dell'organo che vogliamo studiare ; ma basta la costatazione che un organo è anatomicamente ben costituito per potere asserire che deve avere una qualche funzione.

È anatomicamente ben costituito l'organo paratimpanico? Vediamo. Prendiamo da prima in considerazione la grandezza, per quanto specie per quello che si riferisce a sistema nervoso essa abbia un valore molto relativo ; la vescicola che lo rappresenta ha nel piccione 1 mm. e più secondo il suo asse maggiore ; la metà perciò circa del sacculo ed un terzo dell'utriculo dell'uomo! La sua parete epiteliale possiede cellule sensoriali. Nel mio lavoro pubblicato nel 1913 io credei inutile contarle, e mi contentai di dare le dimensioni della superfice sensoriale nelle varie specie, dalla quale ognuno poteva, volendolo, calcolare presso a poco la ricchezza in cellule. Il computo non fatto allora l'ho eseguito pochi giorni fa nel piccione, tanto in un esemplare di un mese che in uno di tre giorni ; e da esso mi risulta che tali cellule possono calcolarsi intorno a 2500 circa ; qualche centinaio di più cioè di quelle della cresta acustica del canale semicircolare laterale nella quale ammontavano a circa 2100. Faccio inoltre osservare che nella serie dell'orecchio in cui esse furono calcolate, il numero delle sezioni (di 12 μ. l'una) occupato da una cresta acustica era di 28 ; quello delle sezioni dell'organo paratimpanico di 45.

È indubbio quindi che non solo siamo di fronte ad un organo

di senso; ma anche che esso è riccamente provvisto di cellule sensoriali; quando si tenga presente che in tutto le cellule sensoriali di un organo a funzione così fine e così complessa come il condotto cocleare sono circa 16500.

Trattandosi di un organo di senso periferico, gli stimoli percepiti dalle sue cellule sensoriali, mentre serviranno a mettere in relazione l'organismo col mondo esterno, parteciperanno anche insieme con tutti gli altri stimoli periferici al mantenimento del tono muscolare. Sono cognizioni elementari di Fisiologia che *Magendie* per i nervi spinali, *Stefani* ed *Ewald* per i canali semicircolari, hanno stabilito da un pezzo; l'insistervi quindi sarebbe far torto alla loro cultura. La distruzione di quest'organo perciò avrà necessariamente la sua ripercussione sul tono di qualche gruppo muscolare e dovrà esser rivelata da fenomeni di deficienza.

Perchè sospettare quindi, come da qualcuno si fa, che io possa aver leso il vicino canale semicircolare laterale (che è a 3 mm. di distanza) se l'organo paratimpanico possiede più cellule sensoriali della cresta acustica di questo, e se i fenomeni di deficienza consecutivi alle lesioni dei canali semicircolari interessano tutti i muscoli del corpo; mentre nelle mie esperienze, come dirò subito, i disturbi riguardano soltanto i muscoli dell'ala?

Ho seguitato le esperienze per più di tre anni, mantenendo i piccioni in ambiente ampio e bene aereato insieme con controlli. Facevo la distruzione dell'organo paratimpanico a volte col termocauterio a volte col raschiamento per mezzo di un piccolo cucchiaino; in alcuni eseguii la distruzione da tutti e due i lati; in altri da un solo lato.

Nei piccioni operati da tutti e due i lati, qualche giorno dopo l'operazione comincia a notarsi facilità alla stanchezza durante il volo; questa facilità a stancarsi va aumentando gradatamente, ed in qualche caso il piccione diventa completamente incapace a volare. Si nota inoltre una rilasciatezza dei muscoli elevatori dell'ala, che è abbastanza visibile anche allo stato di riposo, poichè nei piccioni operati le punte delle ali sono distanti tra loro tre o quattro dita; e che si accentua dopo che sono stati costretti a volare, persistendo tale accentuazione per qualche minuto anche dopo che sono lasciati tranquilli. Il volo è pesante, piuttosto stanco, specie dopo che hanno percorso qualche metro. Non ho mai osservato disturbi di deambulazione, nè movimenti pendolari della testa, nè nistagmi oculari, come si avrebbe dovuto notare se un canale semicircolare fosse stato interessato.

Cauterizzando la parete mediale in altro punto da quello dove l'organo si trova, non si osserva nessun disturbo.

Per mezzo di pesi schiacciati, che sospendevo con un nastro alla radice dell'ala, ho potuto stabilire che anche i piccioni che dopo l'operazione sono sempre capaci di volare, presentano però una notevole e graduale diminuzione della forza muscolare delle ali, sostenendo a volo un peso di circa la metà più piccolo di quello che sostenevano prima; da 100 gr. prima dell'operazione a circa 40 gr. qualche tempo dopo.

Operando i piccioni da un solo lato, potei assodare che l'azione esplicata dall'organo paratimpanico è prevalentemente omolaterale; poichè dal lato operato i piccioni sostengono a volo un peso dai 30 ai 60 gr. minore di quello che portavano prima dell'operazione; mentre dal lato opposto non si nota con tali prove alcuna diminuzione. Se però si sospende per i piedi ad una cordicella della lunghezza di un paio di metri, pendente dal soffitto, un piccione operato da una sola parte, esso si solleva a volo. sostenendosi per breve tempo, poi pende dalla corda, batte un po' le ali e le mette ben presto a riposo in diversa posizione: l'ala del lato operato è serrata al corpo, quella del lato opposto pende invece distesa; mentre un piccione normale in tale prova o serra tutte e due le ali al tronco o più raramente le mette tutte e due in semi estensione. Da tale esperienza si può dedurre che dalla parte operata la stanchezza si fa risentire da prima sugli estensori ed abduttori, o per lo meno che non è alterato il predominio normale che hanno i muscoli flessori; dalla parte opposta si stancano prima gli addutori ed i flessori. E siccome le prove di sostenere a volo dei pesi dimostrano che non c'è differenza di comportamento dei muscoli estensori ed abduttori dal lato opposto a quello operato, si può concludere che l'organo di un lato è, almeno prevalentemente, in più intima connessione con gli estensori e gli abduttori dell'ala dello stesso lato, e con i flessori ed adduttori dell'ala del lato opposto.

In seguito alla distruzione dell'organo paratimpanico da un solo lato in soggetti molto giovani, la forza dei muscoli dell'ala corrispondente al lato operato, misurata con le prove predette, non aumenta col crescere dell'animale come avviene dal lato opposto.

Costringendo i piccioni a trascinare dei pesi attaccati alla coda, prima e dopo l'operazione, non ho osservato alcuna differenza; la distruzione dell'organo paratimpanico non ha perciò alcuna influenza sui muscoli del dorso e su quelli dell'arto posteriore.

In complesso mi pare che in base alle esperienze che ho brevemente riassunto si possa logicamente concludere, che alla distru-

zione bilaterale dell'organo paratimpanico, consegue uno stato più o meno rilevante, secondo i soggetti, ma sempre notevole, di astenia ed atonia dei muscoli dell'ala; in qualche caso l'astenia e l'atonia sono talmente pronunciate che il piccione diventa assolutamente incapace a volare.

Una riprova indiretta di quest'azione tonica dell'organo paratimpanico sui gruppi muscolari dell'ala, mi pare che sia l'osservazione pubblicata da *Sherrington* nel 1915, che cioè nei piccioni il taglio delle radici posteriori dei nervi dell'ala « disturba poco se pur lo disturba » il tono di posizione dell'ala stessa; avendosi perciò un comportamento affatto differente a quello che si osserva nello stesso piccione per l'arto posteriore; e nel cane e nel gatto per tutti gli arti; osservazione dalla quale l'A., a cui pare fossero sfuggite le mie ricerche, concludeva che la sorgente degli stimoli per il tono di posizione dell'ala degli uccelli non proverrebbe dalle espansioni nervose dei muscoli dell'ala; ma da altra fonte, che l'A. scriveva essere sconosciuta, e che a me sembra non potere essere assegnata ad altro che all'epitelio sensoriale dell'organo paratimpanico.

Per potere stabilire attraverso a quali vie l'organo paratimpanico esercita la sua influenza sui muscoli dell'arto anteriore, studiai le lesioni istologiche che la sua distruzione determina nel sistema nervoso in dodici piccioni; in cinque studiai il sistema muscolare; in questi casi tagliai sempre in serie anche l'orecchio, e constatai che sempre la lesione era rimasta limitata all'organo paratimpanico, e che l'orecchio interno era in tutti quanti completamente normale.

Nel sistema nervoso si osserva degenerazione di fibre situate lungo le vie vestibolo-cerebellari; bilaterali se l'operazione era stata fatta da tutti e due i lati; mentre se la distruzione dell'organo era stata unilaterale, tali fibre degenerate si ritrovano dal solo lato operato nel primo tratto delle vie vestibolo cerebellari, ed in molto maggior numero nel tratto bulbo-cerebellare del lato operato in confronto con l'altro. Si osservano inoltre lesioni cellulari, consistenti in cromatolisi, omogeneizzazione del nucleo, e prevalentemente stato vacuolare; più di rado disfacimento granulare e neurofagia; da un solo lato o da tutti e due a seconda che la distruzione fu unilaterale o bilaterale. Tali lesioni interessano i seguenti nuclei: di *Deiters*, piriformi, vestibolo-cerebellari, gemelli a cellule giganti, del tetto, e quello del 6° paio.

Le lesioni istologiche dei muscoli dell'ala consistono in un processo di atrofia semplice di fasci di fibre, maggiormente evidente negli elevatori dell'ala. Quando la distruzione bilaterale dell'or-

gano paratimpanico portò alla completa abolizione del volo si manifestò anche un'atrofia spiccatissima del gran pettorale.

Le lesioni istologiche riscontrate nel sistema nervoso centrale dimostrano che l'organo paratimpanico è in intima connessione col cervelletto; prevalentemente per mezzo di vie omolaterali ed in piccola parte anche in via crociata. E siccome il cervelletto, secondo le classiche ricerche di *Luciani*, deve esser considerato come l'organo regolatore del tono dei muscoli volontari, si deve ritenere che gli stimoli che partono dalle cellule sensoriali dell'organo, siano utilizzati pel mantenimento del tono cerebellare.

L'organo paratimpanico va considerato quindi come una nuova via afferente pel mantenimento in via riflessa del tono normale dei muscoli; esplicando perciò a questo riguardo un'azione simile a quella messa in evidenza da *Stefani*, *Ewald* e *Gaglio* per i canali semicircolari; con la differenza che mentre l'azione tonica del labirinto non acustico influenza tutti i muscoli del corpo, quella dell'organo paratimpanico si fa risentire, almeno in grande prevalenza, sui muscoli dell'arto anteriore.

Per quanto riguarda il genere di stimoli che agiscono sull'epitelio sensoriale di quest'organo, l'ipotesi da me formulata è che essi possano esser provocati dalle variazioni di pressione dell'aria contenuta nella cavità del timpano. Anche negli uccelli le condizioni anatomiche del segmento impari con cui le due tube sboccano nella faringe sono tali da far ritenere che l'aria della cassa si cambi soltanto durante i movimenti di deglutizione. A tutte le variazioni di densità o di pressione dell'aria esterna corrisponderà perciò una variazione di pressione dell'aria della cassa; e tali variazioni dato il mezzo ambiente nel quale gli uccelli vivono devono esser molto frequenti, specie in quelli che con grande rapidità si spostano da regioni alte a regioni più basse. Se si tiene ora presente che la cavità dell'organo paratimpanico è ripiena di liquido, che esso è unito in un punto alla mucosa dell'orecchio medio, e che a tale livello l'epitelio dell'organo ivi molto basso è separato soltanto da un sottile strato di connettivo da quello pavimentoso semplice dell'orecchio medio, si comprende facilmente come questa piccola parte della parete possa agire come una membranella suscettibile di oscillare in seguito alle variazioni di pressione dell'aria contenuta nella cassa del timpano.

Ad ogni variazione di pressione dell'aria contenuta nell'orecchio medio corrisponderà una variazione di pressione del liquido contenuto nella cavità dell'organo, per mezzo della quale l'epitelio sensoriale riceverà degli stimoli che avviseranno l'animale della den-

sità del mezzo in cui in quel dato momento si trova, e saranno utilizzati in via riflessa per proporzionare lo sforzo muscolare strettamente necessario.

Quest'organo nervoso di senso rappresenta perciò un organo di perfezionamento, poichè serve a rendere più precisa e più perfetta la funzione del volo.

Queste deduzioni sono appoggiate, oltre che dal fatto che esso è più e meglio sviluppato nei più rapidi e forti volatori, anche dalle mie ricerche ulteriori eseguite nella serie dei vertebrati. Esso manca negli anfibi e nei rettili; e di una numerosa serie esaminata di embrioni e di adulti di varii mammiferi, tra i quali tutte le specie nostrane di chirotteri, l'unico nel quale, per quanto in forma rudimentale, l'organo sia rappresentato è il *Vesperugo Pipistrellus*, che dei chirotteri nostrali è il volatore più forte.

Aggiungerò anche che negli uccelli, per i quali, vivendo essi a poca altezza dal suolo, come i rapaci notturni, il mezzo ambiente varia ben poco di densità, anche perchè essi non escono alla caccia se il tempo non lo permette, l'organo paratimpanico (pur persistendo durante l'ontogenesi molto di più che nelle altre classi di vertebrati, nei quali fa una fugacissima comparsa durante i primi momenti di sviluppo) finisce in ogni modo per atrofizzarsi e scomparire completamente poco prima della nascita, come dimostrano le mie ultime ricerche in *Athene noctua*.

Questo brevemente riassunto è quanto riguarda l'anatomia e la funzione dell'organo paratimpanico. Forse, non volendo io abusare del loro tempo, la mia esposizione sarà stata un po' troppo concisa, quindi di più difficile comprensione ; mi lusingo però che la benevola attenzione con la quale mi hanno seguito e la loro competenza sull'anatomia e la fisiologia dell'orecchio, avranno supplito alle eventuali manchevolezze, che essa può aver presentato.
